

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-79350

(43)公開日 平成7年(1995)3月20日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 1/41		B		
G 0 6 T 9/00				
H 0 3 M 7/30		A 8842-5J		
		8420-5L		
			G 0 6 F 15/ 66	3 3 0 H
			H 0 4 N 7/ 133	Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-223145

(22)出願日 平成5年(1993)9月8日

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 伊藤 渡

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

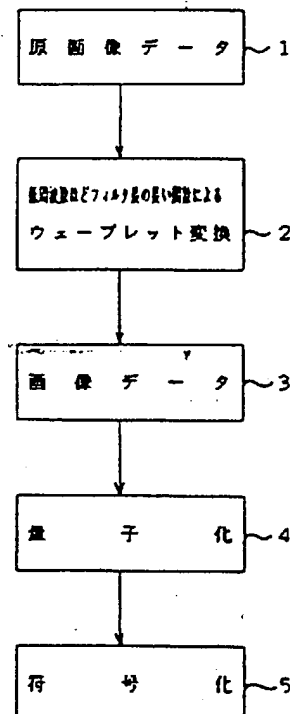
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外1名)

(54)【発明の名称】 画像データ圧縮処理方法および画像データ再構成方法

(57)【要約】

【目的】 原画像の画質を劣化させることなく高い圧縮率により画像データの圧縮を高速に行うことができる画像データ圧縮処理方法を提供する。

【構成】 原画像を表す原画像データ1に対して、低周波数帯域ほどフィルタ長の長い関数を基本ウェーブレット関数としてウェーブレット変換2を施して複数の周波数帯域毎の係数画像データ3を得る。これにより画像データ1をサンプリングする際に発生するエリアジングを少なくすることができる。次いで、ウェーブレット変換2により得られた係数画像データ3に対して、周波数帯域が高いほど低いビット数により量子化4を施し、この量子化4がなされた各画像データ3に対して符号化5を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像を表す原画像データを所定間隔によりサンプリングしつつウェーブレット変換を順次施すことにより、該原画像データを高周波数帯域から低周波数帯域までの異なる周波数帯域を表す複数の係数画像データに順次分解し、該複数の係数画像データを少なくとも最も高い周波数帯域の係数画像データについて他の周波数帯域の係数画像データよりも小さいビット数により量子化し、該量子化された前記係数画像データを符号化することにより前記原画像データの高周波成分におけるノイズを除去して前記原画像データに圧縮処理を施す画像データ圧縮処理方法において、

前記複数の係数画像データのうち、低い周波数帯域の係数画像データほどエリアジングを低減させるフィルタ長の長い関数を基本ウェーブレット関数として前記ウェーブレット変換を施すことを特徴とする画像データ圧縮処理方法。

【請求項2】 前記符号化された係数画像データを復号化し、該復号化された係数画像データについて、低い周波数帯域の係数画像データほどエリアジングを低減させるフィルタ長の長い関数を基本ウェーブレット関数として逆ウェーブレット変換を施すことにより、請求項1記載の画像データ圧縮処理方法により圧縮された前記原画像データを再構成することを中心とする画像データ再構成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】、

【産業上の利用分野】本発明は画像データの圧縮処理方法、特に詳細にはウェーブレット変換を用いて原画像のデータ量を削減するための画像データの圧縮処理方法および圧縮された画像データを再構成する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えばTV信号等、中間調画像を担持する画像信号は膨大な情報量を有しているため、その伝送には広帯域の伝送路が必要である。そこで従来より、このような画像信号は冗長性が大きいことに着目し、この冗長性を抑圧することによって画像データを圧縮する試みが種々なされている。また最近では、例えば光ディスクや磁気ディスク等に中間調画像を記録することが広く行われており、この場合には記録媒体に効率良く画像信号を記録することを目的として画像データ圧縮が広く適用されている。

【0003】このような画像データの圧縮方法の一つとして、従来から、画像データを格納、伝送等する場合に、該画像データに予測符号化による圧縮処理を施してデータ量を圧縮減少せしめた上で格納、伝送等を行い、画像再生の際はその圧縮された画像データ（圧縮画像データ）に復号処理を施して伸長し、その伸長された画像データ（伸長画像データ）に基づいて可視像を再生する

ような方法が採用されている。

【0004】また、画像データ圧縮方法の一つとして、ベクトル量子化を利用する方法が知られている。この方法は、2次元画像データを標本数K個のブロックに分割し、予めK個のベクトル要素を規定して作成した相異なる複数のベクトルから成るコードブックの中で、上記ブロックの各々内の画像データの組と最小歪にて対応するベクトルをそれぞれ選択し、この選択されたベクトルを示す情報を各ブロックと対応させて符号化するようにしたものである。

【0005】上述のようなブロック内の画像データは互いに高い相関性を有しているため、各ブロック内の画像データを、比較的少数だけ用意したベクトルのうちの1つを用いてかなり正確に示すことが可能となる。したがって、画像データの伝送あるいは記録は、実際のデータの代わりにこのベクトルを示す符号を伝送あるいは記憶することによってなし得るから、データ圧縮が実現されるのである。例えば256レベル（＝8bit）の濃度スケールの中間調画像における64画素についての画像データ量は、 $8 \times 64 = 512 \text{ bit}$ となるが、この64画素を1ブロックとして該ブロック内の各画像データを64要素からなるベクトルで表わし、このようなベクトルを256通り用意したコードブックを作成するものとすれば、1ブロック当りのデータ量はベクトル識別のためのデータ量すなわち8bitとなり、結局データ量を $8 / (8 \times 64) = 1 / 64$ に圧縮可能となる。

【0006】以上のようにして画像データを圧縮して記録あるいは伝送した後、ベクトル識別情報が示すベクトルのベクトル要素を各ブロック毎の再構成データとし、この再構成データを用いれば原画像が再現される。

【0007】また、上述した予測符号化によるデータ圧縮を行う場合の圧縮率を向上させる方法の一つとして、予測符号化処理と共に画像データのビット分解能（濃度分解能）を低下させる、すなわち画像データをより粗く量子化する量子化処理を行うことが考えられる。

【0008】そこで、本願出願人により、上述した予測符号化による方法と量子化による方法とを組み合わせた補間符号化による画像データ圧縮方法が提案されている（特開昭62-247676号公報）。この方法は、画像データを適当な間隔でサンプリングした主データと該主データ以外の補間データとに区分し、補間データは上記主データに基づいて内挿予測符号化処理、すなわち補間データを主データに基づいて内挿予測し、予測誤差に対してハフマン符号化等の可変長符号化（値により符号長が変わるような信号への変換）を行うことにより画像データを圧縮するものである。

【0009】また、画像データを圧縮するにあたっては当然圧縮率は高い方が望ましい。しかしながら、上記補間符号化において大きな圧縮率の向上を望むことは技術的に困難であり、従ってより大きな圧縮率を達成するた

め、空間分解能を小さくする画像データ数減少処理を上記補間符号化と組み合わせることが考えられる。

【0010】そこで本願出願人により、上述した補間符号化と画像データ数減少処理とを組み合わせ、より高画質を維持しつつより高い圧縮率を達成し得る画像データ圧縮方法が提案されている(特開平2-280462号公報)。

【0011】一方、上述した画像データを処理するための方法としてウェーブレット変換なる方法が提案されている。

【0012】ここで、ウェーブレット変換について説明する。

【0013】ウェーブレット変換は、周波数解析の方法*

$$W(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) h(a, b) dt \quad \dots (1)$$

但し、 $f(t)$: 任意の波形の信号

$W(a, b)$: $f(t)$ のウェーブレット変換

$$h(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} h\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

a : 関数の縮率

b : 水平軸方向の移動量

【0016】なる式において信号を複数の周波数帯域毎の周波数信号に変換するため、フーリエ変換のような倍振動の問題が発生しない。すなわち、関数 h の周期および縮率を変化させ、原信号を移動させることによりフィルタリング処理を行えば、細かな周波数から粗い周波数までの所望とする周波数に適合した周波数信号を作成することができる。例えば、図9に示すように、信号Sorgをウェーブレット変換し、各周波数帯域毎に逆ウェーブレット変換した信号と、図10に示すように信号Sorgをフーリエ変換し、各周波数帯域毎に逆フーリエ変換した信号で見ると、ウェーブレット変換はフーリエ変換と比べて原信号Sorgの振動と対応した周波数帯域の周波数信号を得ることができる。すなわち、フーリエ変換において原信号Sorgの部分Bと対応する周波数帯域7の部分B'には振動が発生しているのに対し、ウェーブレット変換では原信号Sorgの部分Aと対応する周波数帯域7の部分A'には原信号と同様に振動は発生していないものとなる。

【0017】また、このウェーブレット変換を用いて、前述した画像データの圧縮を行う方法が提案されている(Marc Antonini et al., Image Coding Using Wavelet Transform, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL.1, NO.2, p205-220, APRIL 1992)。

【0018】この方法は、画像を表す原画像データを、所定の基本ウェーブレット関数により所定間隔でサンプリングをしながら順次ウェーブレット変換を行うことに※50

*として近年開発されたものであり、ステレオのパターンマッチング、データ圧縮等に応用がなされているものである(OLIVIER RIOUL and MARTIN VETTERLI: Wavelets and Signal Processing, IEEE SP MAGAZINE, P.14-38, OCTOBER 1991, Stephane Mallat: Zero-Crossings of a Wavelet Transform, IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, VOL.37, NO.4, P.1019-1033, JULY 1991)。

【0014】このウェーブレット変換は、図8に示すような関数 h を基底関数として、

【0015】

【数1】

※より、原画像データを主副両方向について高周波数帯域から低周波数帯域までの周波数帯域の組合わせが異なる複数の画像データに分解し、これらの画像データに対してノイズ成分を多く担持する高周波数帯域の画像データにはビット数を少なくするあるいはビット数を0とし、主要被写体の情報を担持する低周波数帯域の画像データにはビット数を多く割り当てて前述したベクトル量子化を施すことにより、原画像データの圧縮を行うものである。この方法によれば、原画像データの圧縮率を向上させることができ、また、圧縮された画像データに対して所定のサンプリング間隔で間引かれたデータの部分を補完しつつ順次逆ウェーブレット変換を施すことにより、原画像を完全に復元することができる。

【0019】上述したウェーブレット変換を用いて画像データを圧縮する方法においては、ウェーブレット変換と所定間隔でのサンプリングとを繰返すことにより原画像データを高周波数帯域から低周波数帯域までの画像データに分割するものであるため、サンプリングを行う際にエリアジングを生じるものである。ここで、エリアジングとは元のデータの高周波成分が低周波成分に混合してしまう現象をいう。したがって、画像データをサンプリングすることにより、サンプリングされた画像データの高周波成分が低周波成分に混合してしまう。例えば、前述したサンプリング間隔を画像データの1画素毎にサンプリングした場合、ナイキスト周波数(限られた周波数帯域を持つ信号を一定間隔で標本化する場合に、元信

号波形を一義的に記述できる標本間隔の最大値の逆数)の高周波成分は低周波成分に混合され、画像データのナイキスト周波数は元の画像データのナイキスト周波数の $1/2$ となってしまう。このようなエイリアジングが発生することにより、ウェーブレット変換された画像データを逆ウェーブレット変換する場合に、サンプリングされたデータを原画像のまま完全に復元することができず、サンプリングされた画像データの部分にアーチファクト(偽画像)が発生するという問題がある。

【0020】この問題は、原画像データにウェーブレット変換を施す際に用いる基本ウェーブレット関数を適切に選択することにより、解決することができる。すなわち、基本ウェーブレット関数を適切に選択することにより、ウェーブレット変換された画像データを逆ウェーブレット変換する際に、エイリアジングの影響を低周波数帯域と高周波数帯域とで互いに補償することができるため、画像データをサンプリングすることにより発生するエイリアジングによってはアーチファクトは発生しない。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したAntoniniらの方法は、ウェーブレット変換により得られた画像データのうち高周波数帯域の画像データについては、ビット数を0もしくは少なくして量子化を行うものであるため、画像データを逆ウェーブレット変換する際に必要なエイリアジングを補償すべき画像データが0となるおそれや、少なくはなってしまう。したがって、上述したAntoniniらの方法は画像データの圧縮率は向上させることはできるものの、圧縮された画像データを再構成した際にエイリアジングを適切に補償することができず、再構成した画像に前述したアーチファクトが発生してしまうものであった。

【0022】このような問題は、ウェーブレット変換を行う際の基本ウェーブレット関数のフィルタ長を長くすることにより、周波数変換レスポンスの自由度を大きくしてエイリアジングを少なくできるような関数を選択することにより解決することができるが、関数のフィルタ長を長くすると、ウェーブレット変換を行うための演算時間が長くなり、高速な圧縮処理を行うことができないものであった。

【0023】本発明は上記事情に鑑み、高い圧縮率により画像データを圧縮することができるとともに、再構成された画像に発生するアーチファクトの問題もなく、さらに高速に処理を行うことができる画像データ圧縮処理方法および画像データ再構成方法を提供することを目的とするものである。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明による画像データ圧縮処理方法は、画像を表す原画像データを所定間隔によりサンプリングしつつウェーブレット変換を順次施すことにより、該原画像データを高周波数帯域から低周波

数帯域までの異なる周波数帯域を表す複数の係数画像データに順次分解し、該複数の係数画像データを少なくとも最も高い周波数帯域の係数画像データについて他の周波数帯域の係数画像データよりも小さいビット数により量子化し、該量子化された前記係数画像データを符号化することにより前記原画像データの高周波成分におけるノイズを除去して前記原画像データに圧縮処理を施す画像データ圧縮処理方法において、前記複数の係数画像データのうち、低い周波数帯域の係数画像データほどエイリアジングを低減させるフィルタ長の長い関数を基本ウェーブレット関数として前記ウェーブレット変換を施すことを特徴とするものである。

【0025】また、本発明による画像データ再構成方法は、本発明による画像データ圧縮方法により圧縮された原画像データを再構成するためのものであり、前記符号化された係数画像データを復号化し、該復号化された係数画像データについて、低い周波数帯域の係数画像データほどエイリアジングを低減させるフィルタ長の長い関数を基本ウェーブレット関数として逆ウェーブレット変換を施すことにより、請求項1記載の画像データ圧縮処理方法により圧縮された前記原画像データを再構成することを特徴とするものである。

【0026】

【作用】本発明による画像データ圧縮処理方法は、ウェーブレット変換を行うことにより画像データの圧縮を行う上述したAntoniniらの画像データ圧縮処理方法において、原画像データをサンプリングしつつウェーブレット変換を施す際に、低周波数帯域の係数画像データに対しては、高周波数帯域の係数画像データと比較して、ウェーブレット変換を施す際に用いる基本ウェーブレット関数のフィルタ長を長くしたことを特徴とするものである。すなわち、高周波数帯域の画像データはノイズ等の成分を多く含むため処理すべきデータ数が多いため、エイリアジングが発生しても原画像の画質にはそれほど影響を与えないことから、フィルタ長の短い基本ウェーブレット関数によりウェーブレット変換を行うことにより高速に圧縮処理を行うようにしたものである。一方、低周波数帯域の画像データは、重要な情報を担持しておりかつ処理すべきデータ数も少ないため、フィルタ長が長い基本ウェーブレット関数によりウェーブレット変換を行いエイリアジングを少なくするようにしたものである。

【0027】このため、圧縮された減画像データを再構成した場合にも、重要な情報を担持する周波数帯域の画像にはエイリアジングによるアーチファクトが発生せず、また、処理すべきデータ数の多い高周波数帯域の画像データを高速にウェーブレット変換することができる。したがって全体として、アーチファクトのない画像を再構成することができ、高速に画像データの圧縮処理を行うことができるとともに、高い圧縮率により画像データを圧縮することが可能となる。

【0028】

【実施例】以下図面を参照して本発明の実施例について説明する。

【0029】図1は本発明による画像データ圧縮処理方法の実施例の基本的概念を表す図である。

【0030】図1に示すように、本発明による画像データ圧縮処理方法は、原画像を表す原画像データ1に対して前述したAntoniniらの方法により、低周波数帯域ほどフィルタ長の長い関数を基本ウェーブレット関数としてウェーブレット変換2を施して複数の周波数帯域毎の係数画像データ3を得る。次いで、ウェーブレット変換2により得られた係数画像データ3に対して、周波数帯域が高いほど低いビット数により量子化4を施し、この量子化4がなされた各画像データ3に対して符号化5を行うものである。

【0031】以下本発明による実施例の詳細について説明する。

【0032】本実施例は、例えば特開昭55-12492号公報や特開昭56-11395号等に記録されている蓄積性蛍光体シートを利用した放射線画像情報記録再生システムにおいて、蓄積性蛍光体シートに記録された人体の放射線画像をレーザビーム走査によりデジタル画像データとして読み取ったものを対象としている。なお、放射線画像の読み取りは、図2に示す様に、蓄積性蛍光体シート10に対して主走査方向（横方向）にレーザビームを走査させながらシート10を副走査方向（縦方向）に移動させてシート10を2次元走査することにより行われたものである。

【0033】次いで、原画像データに対してウェーブレット変換がなされる。

【0034】図3は、原画像データSorgに対するウェーブレット変換の詳細を表す図である。

【0035】なお、本実施例においては、ウェーブレット変換の各係数が直交する直交ウェーブレット変換を行うものであり、前述したMarc Antoniniらの文献に記載されているものである。さらに、本実施例においては、ウェーブレット変換により得られた係数画像データのうち最も高い周波数帯域の係数画像データについて、ビット数を0として量子化を行うものとする。

【0036】まず、図3に示すように、原画像データSorgの主走査方向に基本ウェーブレット関数より求められる関数 g_N と関数 h_N とによりフィルタリング処理を行う。すなわち、このような関数 g_N 、 h_N による主走査方向に並ぶ画素の一行毎のフィルタリング処理を副走査方向に一画素ずつズラしながら行い、原画像データSorgの主走査方向のウェーブレット変換係数信号を求めるものである。

【0037】ここで、関数 g_N 、 h_N は基本ウェーブレット関数より一意に求められるものであり、係数画像データがウェーブレット変換により低周波数帯域のデータとなるにつれてフィルタ長さを長くするものである。この関数 h_N は、以下の表1に示すものである。なお、表1には $N=2$ （最もフィルタ長が短い関数）から $N=10$ （最もフィルタ長が長い関数）までを示すものとする。ここで、 g_N は h_N より求められるものであり、 g_N と h_N との関係は以下の式(2)に示すものとする。

【0038】

【表1】

9			10		
	n	$h_N(n)$		n	$h_N(n)$
N = 2	0	.482962913145	N = 8	0	.054415842243
	1	.888516308738		1	.312871590914
	2	.224143868042		2	.675630736297
	3	-.129409522551		3	.585354683654
N = 3	0	.332670552950		4	-.015829105256
	1	.806891509311		5	-.284015542962
	2	.459877502118		6	.000472484574
	3	-.135011020010		7	.128747426620
	4	-.085441273882		8	-.017369301002
N = 4	5	.035226291882		9	-.044038253931
	0	.230377813309		10	.013981027917
	1	.714846570553		11	.008746094047
	2	.630880767930		12	-.004870352993
	3	-.027983769417		13	-.000391740378
N = 5	4	-.187034811719		14	.000675449406
	5	.030841381836		15	-.000117476784
	6	.032883011667	N = 9	0	.038077947364
	7	-.010597410785		1	.243834674613
	0	.160102397974		2	.604823123690
N = 6	1	.603829269797		3	.657288078051
	2	.724308528438		4	.133197385825
	3	.138428145901		5	-.293273783279
	4	-.242294887066		6	-.096840783223
	5	-.032244869585		7	.148540749338
N = 7	6	.077571493840		8	.030725681479
	7	-.006241490213		9	-.067632829061
	8	-.012580751999		10	.000250947115
	9	.003335725285		11	.022361662124
	0	.111540743350		12	-.004728204758
N = 8	1	.494623890398		13	-.004281503682
	2	.751133908021		14	.001847846883
	3	.315250351709		15	.000230385764
	4	-.226264693965		16	-.000251963189
	5	-.129766887587		17	.000039347820
N = 9	6	.097501605587	N = 10	0	.026670057901
	7	.027522865530		1	.188176800078
	8	-.031582039318		2	.527201188932
	9	.000553842201		3	.688459039454
	10	.004777257511		4	.281172343661
N = 10	11	-.001077301085		5	-.279846424327
	0	.077852054085		6	-.195946274377
	1	.396539319482		7	.127369340336
	2	.729132090846		8	.093057364604
	3	.469782287405		9	-.071394147166
N = 11	4	-.143906003929		10	-.029457536822
	5	-.224036184994		11	.033212674059
	6	.071309219267		12	.003608553567
	7	.080612609151		13	-.010733175483
	8	-.038029936935		14	.001395351747
N = 12	9	-.016574541631		15	.001992405295
	10	.012550998556		16	-.000683836695
	11	.000429577973		17	-.000116466855
	12	-.001801640704		18	.000093588670
	13	.000353713800		19	-.000013264203

【0039】

$$g_N = (-1)^n h_N \quad \dots(2)$$

なお、上述した原画像データ Sorg については最もフィルタ長の短い関数 g_2 、 h_2 によりフィルタリング処理がなされ、原画像データのウェーブレット変換係数信号 $Wg0$ 、 $Wh0$ が求められるものとする。ここで、関数 h_2 をその周波数強調特性とともに図4に示す。

(0040) このようにして 関数 g_2 、 h_2 により $u * 50$

* ウェーブレット変換係数信号 $Wg0$ 、 $Wh0$ が求められると、ウェーブレット変換係数信号 $Wg0$ 、 $Wh0$ について、主走査方向の画素を1画素おきにサンプリングし、主走査方向の画素数を1/2にする。このサンプリングにより、関数 h_2 によりフィルタリングされた画像データのナイキスト周波数のうち、ナイキスト周波数0.5以上の高周波数成分が0.5以下の低周波数成分と混合するエリアジングが発生する。次いで、この画素が間引かれたウェーブ

レット変換係数信号 Wg_0 , Wh_0 それぞれの副走査方向に関数 g_2 , h_2 によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号 WW_0 , WV_0 , VW_0 および VV_0 を得る。

【0041】次いでウェーブレット変換係数信号 W_0 , WV_0 , VW_0 および VV_0 について、副走査方向の画素を1画素おきにサンプリングし、副走査方向の画素数を1/2とする処理を行う。このサンプリングにより上述したと同様にエリアジングが発生する。これにより、各ウェーブレット変換係数信号 VV_0 , WV_0 , VW_0 , WW_0 の画素数は原画像データ Sorg の画素数の1/4となる。次いで、関数 g_3 , h_3 よりもフィルタ長の長い関数 g_3 , h_3 によりウェーブレット変換係数信号 VV_0 の主走査方向によりフィルタリング処理を行う。なお、関数 h_3 は表1に示されるようにフィルタ長は6であり関数 g_3 は関数 h_3 より求められる。

【0042】すなわち、関数 g_3 , h_3 により主走査方向に並ぶ画素の1列毎のフィルタリング処理を副走査方向に一画素づつスラながら行い、ウェーブレット変換係数信号 VV_0 の主走査方向のウェーブレット変換係数信号 Wg_1 および Wh_1 を求めるものである。

【0043】ここでウェーブレット変換係数信号 VV_0 は主副両方向についてサンプリングにより画素数が原画像データの1/2となっているため、画像の周波数帯域は原画像データと比較して半分となっている。したがって、ウェーブレット変換係数信号 VV_0 を関数 g_3 , h_3 でフィルタリング処理を施すことにより、原画像データの周波数成分のうちウェーブレット変換係数信号 VV_0 が表す周波数成分よりも低周波成分を表すウェーブレット変換係数信号 Wg_1 , Wh_1 が求められる。

【0044】このようにして、ウェーブレット変換係数信号 Wg_1 , Wh_1 が求められると、ウェーブレット変換係数信号 Wg_1 , Wh_1 について、主走査方向の画素を1画素おきにサンプリングし、主走査方向の画素数をさらに1/2とする。次いでウェーブレット変換係数信号 Wg_1 , Wh_1 それぞれの副走査方向に関数 g_3 , h_3 によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号 WW_1 , WV_1 , VW_1 および VV_1 を得る。

【0045】次いでウェーブレット変換係数信号 W_1 , WV_1 , VW_1 , VV_1 について、副走査方向の画素を1画素おきにサンプリングし、副走査方向の画素数を1/2とする処理を行う。これにより、各ウェーブレット変換係数信号 VV_1 , WV_1 , VW_1 , WW_1 の画素数は原画像データ Sorg の画素数の1/16となる。

【0046】以下、上述したと同様に、画素が間引かれたウェーブレット変換係数信号 VV_1 の主走査方向に関数 g_3 , h_3 よりもフィルタ長の長い関数 g_4 , h_4 によりフィルタリング処理を行い、さらに得られたウェーブレット変換係数信号の主走査方向の画素をサンプリングし、この画素を間引いたウェーブレット変換係

数信号について、副走査方向に関数 g_4 , h_4 によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号 WW_2 , WV_2 , VW_2 , VV_2 を得る。

【0047】このようなウェーブレット変換をN回繰り返すことによりウェーブレット変換係数信号 $WW_0 \sim WW_N$, $WV_0 \sim WV_N$, $VW_0 \sim VW_N$, および VV_N を得る。ここで、N回目のウェーブレット変換により得られるウェーブレット変換係数信号 WW_N , WV_N , VW_N , VV_N は、サンプリングにより原画像データと比較して主副両方向の画素数が $(1/2)^N$ となっているため、各ウェーブレット変換係数信号はNが大きいくほど周波数帯域が低く、原画像データの周波数成分のうち低周波成分を表すデータとなる。

【0048】したがって、ウェーブレット変換係数信号 WW_i ($i=0 \sim N$, 以下同様)は、原画像データ Sorg の主副両方向の周波数の変化を表すものであり、iが大きいくほど低周波信号となる。またウェーブレット変換係数信号 WV_i は画像信号 Sorg の主走査方向の周波数の変化を表すものであり、iが大きいくほど低周波信号となっている。また、主走査方向の周波数は副走査方向の周波数より低いものとなっている。さらにウェーブレット変換係数信号 VW_i は画像信号 Sorg の副走査方向の周波数の変化を表すものであり、iが大きいくほど低周波信号となり、副走査方向の周波数は主走査方向の周波数より低いものとなっている。

【0049】ここで、図6にウェーブレット変換係数信号を複数の周波数帯域毎に表す図を示す。なお、図6においては便宜上3回目のウェーブレット変換を行った状態までを表すものとする。なお、図6においてウェーブレット変換係数信号 WW_3 は原画像を主副各方向が $(1/2)^3$ に縮小したものとなっている。

【0050】またウェーブレット変換の回数を重ねるにつれ表1に示すように関数 g_N , h_N のフィルタ長を長くしていくことにより、ウェーブレット変換係数信号の画素をサンプリングする際に発生するエリアジングを少なくすることができる。例えば、図5に示すような関数 h_{10} においては、フィルタ長は20となっており、周波数強調特性は図5(b)に示すものとなっている。すなわち、関数 h_{10} においては、ナイキスト周波数0.5以上の強調度は図4(b)に示す関数 h_2 の強調度を比較して小さくなっている。したがって、画素のサンプリングによりナイキスト周波数0.5以下の低周波成分に混合される高周波成分が少なくなり、エリアジングが低減されるものである。

【0051】一方、関数のフィルタ長を長くすると、フィルタリングを行うための演算量が増え、処理時間が長くなるが、上述したサンプリングにより、低周波数帯域のウェーブレット変換係数信号のデータ量は高周波数帯域の係数信号と比較して少なくなっているため、処理時間が長くなることによる圧縮処理の遅延は問題とならな

10

20

30

40

50

いものである。

【0052】次いで、再度のウェーブレット変換が施された、ウェーブレット再変換係数信号 WV_i 、 VW_i ($i=1$ は除く)、 WW_i 、 VV_i について量子化がなされる。

【0053】ここで、各ウェーブレット変換係数信号のうち、高周波数帯域のウェーブレット変換係数信号は、ノイズ等の不要な情報を担持するものであり、低周波数帯域のウェーブレット変換係数信号については、主要被写体等の重要な情報を担持するものであるため、高周波数帯域の係数信号ほど、低いビット数により量子化を行う。すなわち、図6に示すように、高周波数帯域となるウェーブレット変換係数信号 WW_1 、 WV_1 、 VW_1 については0ビットとし、ウェーブレット変換係数信号 WW_2 については1ビット、ウェーブレット変換係数信号 WV_2 、 VW_2 については2ビット、それ以上のウェーブレット変換係数信号については、8ビットで量子化を行う。

【0054】ここで、データを量子化する際には、ビット数が高いほど原画像に近い状態でデータを圧縮することができるが、圧縮率をそれほど向上させることができない。また、ビット数を低くすれば圧縮率を向上させることができるが、圧縮データを復元した際の誤差が大きくなり、原画像と比較してノイズが多いものとなる。

【0055】したがって、本発明においては、ノイズ成分を多く担持する高周波数帯域の画像データにはビット数を少なく、主要被写体の情報を担持する低周波数帯域の画像データにはビット数を多く割り当てるようにしたため、重要な部分ほどビット数を高くして画質を維持し、重要なでない部分は画質はそれほど問題とならないことからビット数を低くし、全体として画像の主要部分の画質を維持しつつ、圧縮率を向上させるようにしたものである。

【0056】このようにして各ウェーブレット変換係数信号の量子化を行った後、前述したハフマン符号化、予測符号化等の符号化を行うことにより圧縮処理がなされる。

【0057】なお、量子化のレベルは、各ラベル毎に一定のものとして説明したが、周波数帯域毎に量子化のレベルを変えるようにしてもよく、例えば、高周波数帯域ではより量子化のビット数を小さくする。また、量子化のレベルとしてビット数を0と設定してもよく、この場合は、符号長が0となるので高圧縮率を実現することができる。

【0058】このように符号化がなされて圧縮された原画像データSorgは例えば光ディスク等の記録媒体に格納され、保存、移送等がなされる。

【0059】次に圧縮されたデータを再構成する方法について説明する。

【0060】まず、圧縮された原画像データに対し、ハ

フマン符号化や予測符号化に対する復号化を行うことにより、前述した各ウェーブレット変換係数信号 WV_i 、 VW_i 、 WW_i を得る。

【0061】次いで、復号化がなされることにより得られたウェーブレット変換係数信号 WV_i 、 VW_i 、 WW_i 、 VV_i について逆ウェーブレット変換を施す。

【0062】図7は、逆ウェーブレット変換の詳細を表す図である。

【0063】図7に示すように、まず各ウェーブレット変換係数信号 VV_N 、 VW_N 、 WV_N 、 WW_N について副走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う(図では $\times 2$ と表示)。次いでこの間隔がつけられたウェーブレット変換係数信号 VV_N を副走査方向に前述した関数 h_N とは異なる関数 h_N' により、ウェーブレット変換係数信号 VW_N を副走査方向に前述した関数 g_N とは異なる関数 g_N' によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数 g_N' 、 h_N' によるウェーブレット変換係数信号 VV_N 、 VW_N の副走査方向に並ぶ一列の画素毎のフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつずらしながら行い、ウェーブレット変換係数信号 VV_N 、 VW_N の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号 WV_N' を得る。

【0064】ここで関数 g_N 、 h_N と関数 g_N' 、 h_N' との関係は、以下の式(3)に示すものとなる。

【0065】

$$\begin{aligned} h_N' [n] &= h_N [-n] \\ g_N' [n] &= g_N [-n] \end{aligned} \quad \dots (3)$$

但し $[-n]$ は関数の中心軸に関する左右半転を表すすなわち、関数 g_N 、 h_N とは中心軸に関して左右非対称な関数 g_N' 、 h_N' により逆ウェーブレット変換を行うものである。

【0066】一方、これと並列して、ウェーブレット変換係数信号 WV_N を副走査方向に関数 h_N' により、ウェーブレット変換係数信号 WW_N を副走査方向に関数 g_N' によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号 WV_N 、 WW_N の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号 Wg_N' を得る。

【0067】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号 WV_N' 、 Wg_N' について主走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う。その後逆ウェーブレット変換係数信号 WV_N' を主走査方向に関数 h_N' により、逆ウェーブレット変換係数信号 Wg_N' を主走査方向に関数 g_N' によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号 WV_N' 、 Wg_N' の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号 VV_{N-1}' を得る。

【0068】次いでこの逆ウェーブレット変換係数信号 VV_{N-1}' 、ウェーブレット変換係数信号 VW_{N-1} 、 W

V_{N-1} 、 W_{N-1} について副走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う。その後この逆ウェーブレット変換係数信号 V_{N-1}' を副走査方向に関数 h_{N-1}' により、ウェーブレット変換係数信号 V_{N-1} を副走査方向に関数 g_{N-1}' によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数 h_N 、 g_N よりもフィルタ長の短い関数 g_{N-1}' 、 h_{N-1}' によるウェーブレット変換係数信号 V_{N-1}' 、 V_{N-1} の副走査方向に並ぶ一列の画素毎のフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつズラしながら行い、ウェーブレット変換係数信号 V_{N-1}' 、 V_{N-1} の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1}' を得る。

【0069】一方、これと並列して、ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1} を副走査方向に関数 h_{N-1}' により、ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1} を副走査方向に関数 g_{N-1}' によりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1} 、 W_{N-1} の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1}' を得る。

【0070】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1}' 、 W_{N-1}' について主走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う。その後逆ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1}' を主走査方向に関数 h_{N-1}' により、逆ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1}' を主走査方向に関数 g_{N-1}' によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号 W_{N-1}' 、 W_{N-1}' の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号 V_{N-2}' を得る。

【0071】以下、順次逆ウェーブレット変換係数信号 V_{V_i}' ($i = 1 \sim N$) を作成し、最終的に逆ウェーブレット変換係数信号 V_{V-1}' を得る。この最終的な逆ウェーブレット変換係数信号 V_{V-1}' が原画像データ S_{org} を表す画像データとなる。

【0072】このようにして得られたウェーブレット変換係数信号 V_{V-1}' は図示しない画像再生装置に送られて、放射線画像の再生に供せられる。

【0073】この再生装置は、CRT等のディスプレイ手段でもよいし、感光フィルムに光走査記録を行う記録装置であってもよい。

【0074】このようにして、原画像データ S_{org} をウェーブレット変換し、複数の周波数帯域毎の画像データを得、この画像データのうち高周波数帯域のデータについて再度ウェーブレット変換を施して複数の周波数帯域毎のデータを得、これらのデータのうち重要な情報を担持する部分についてはビット数を高くして量子化し、重要な部分についてはビット数を低くして量子化を行うことにより、重要な部分の画質を維持しつつデータ圧

縮率の向上を図ることができる。

【0075】ここで、各ウェーブレット変換係数信号 V_{V_N} 、 V_{V_N} 、 W_{V_N} 、 W_{V_N} について各画素間に1画素分の間隔をあけ、関数 g_N' 、 h_N' により逆ウェーブレット変換を施すことにより間隔をあけた部分の画素についてデータが形成されるが、これは前述したエリアジングにより画像データの低周波成分に混在されていた高周波成分を引き出すことにより復元されて形成されるものであるため、原画像のデータとは異なるものとなっている。すなわちアーチファクトが発生している。しかしながら、低周波数帯域の係数画像データについては、エリアジングが少ないため、このアーチファクトも小さくなることから、重要な情報を担持する低周波数帯域の画像データについてはアーチファクトの少ない画像を得ることができる。

【0076】なお、上述した実施例においては、ウェーブレット変換を行うための関数 g_N 、 h_N として表1に示すものを用いたが、これに限定されるものではなく低周波数帯域のウェーブレット変換係数信号ほどフィルタ長の長い関数であればいかなる関数を用いてもよい。

【0077】また、これ以外にもウェーブレット変換を行うことのできる関数であれば、いかなる関数を用いてもよく、例えば直交ではなく双直交のものを用いてもよい。

【0078】さらに、表1、図4、図5に示すように中心軸に関して非左右対称な関数のみではなく、中心の軸に関して左右対称な関数を用いてウェーブレット変換を行うようにしてもよいものである。このように左右対称な関数を用いてウェーブレット変換を行った場合は、ウェーブレット変換を行った関数と逆ウェーブレット変換を行う関数とは同一形状のものとなる。

【0079】また、上述した実施例においては、放射線画像を表す原画像データを圧縮処理する実施例について説明したが、本発明による画像の圧縮処理方法は、通常の画像についても適用できるものである。

【0080】例えば、主要被写体として人物等が記録された35mmネガフィルムの画像を圧縮する実施例について説明すると、まずこのネガフィルムをデジタルスキャナーで読み取り、この画像を表す画像データを得、この画像データについて前述したような低周波数帯域ほどフィルタ長の長い関数 g_N 、 h_N によりフィルタリング処理することによりウェーブレット変換を行う。

【0081】次いで、前述した実施例と同様に高周波数帯域の部分については低いビット数、低周波数帯域の部分については高いビット数により量子化を行い、必要に応じて符号化を行うことにより画像データを圧縮する。

【0082】また、この圧縮された画像データを前述した実施例と同様に復号化し、さらに逆ウェーブレット変換を施すことにより、原画像データを再構成することができる。

10

20

30

40

50

17

【0083】このように、圧縮処理を行うことにより、通常の画像についても重要な部分の画質を維持しつつ、データの圧縮率を向上させることができるものである。

【0084】また、上述した実施例においては、ウェーブレット変換係数信号を量子化する際に、高周波数帯域の係数信号についてはビット数を0としているが、これに限られるものではなく、低周波数帯域の係数信号を量子化する際のビット数より低いものであれば、何ビットにしてもよいものである。

【0085】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明による画像データ圧縮処理方法は、ウェーブレット変換により複数の周波数帯域毎の係数画像データを得る際に、低周波数帯域の係数画像データほどエリアジングを低減させるフィルタ長の長い関数を基本ウェーブレット関数としてウェーブレットを施すようにしたものである。このため、重要な情報を担持する低周波数帯域の係数画像データほどエリアジングの発生が少なくなり、この画像データを再構成した際にエリアジングが原因で発生するアーチファクトを減少させることができる。

【0086】また、フィルタリングすべきデータ数の多い高周波数帯域の画像データについては、アーチファクトが発生するがそれほど重要な情報を担持するものではないため、フィルタ長の短い周波数によりフィルタリング速度を向上させたものである。したがって、高周波数帯域の画像データについては低周波数帯域の画像データよりも少ないビット数で量子化をすることにより、デー

18

タ圧縮率を向上させつつもアーチファクトのない良好な画像で得られるように画像データを圧縮することができるとともに圧縮処理を行うための時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による画像データ圧縮処理方法の基本的概念を表す図

【図2】本発明に用いられる画像データの読み取り方式を表す図

10 【図3】ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図4】フィルタ長の短い基本ウェーブレット関数を表す図

【図5】フィルタ長の長い基本ウェーブレット関数を表す図

【図6】ウェーブレット変換係数信号を表す図

【図7】逆ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図8】ウェーブレット変換に用いられる基本ウェーブレット関数を表す図

【図9】ウェーブレット変換を説明するための図

20 【図10】フーリエ変換を説明するための図

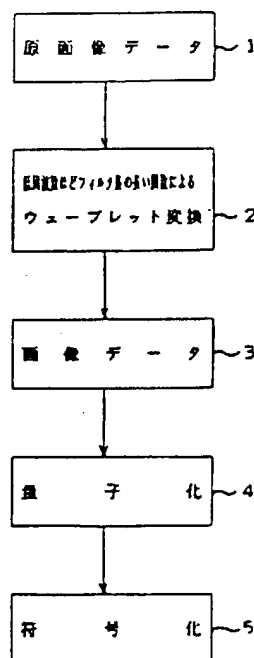
【符号の説明】

10 蓄積性蛍光体シート

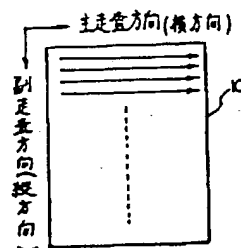
h, h', g, g' ウェーブレット変換を行うための関数

VV_i, VW_i, WV_i, WW_i ($i = 1 \sim n$) ウェーブレット変換係数信号

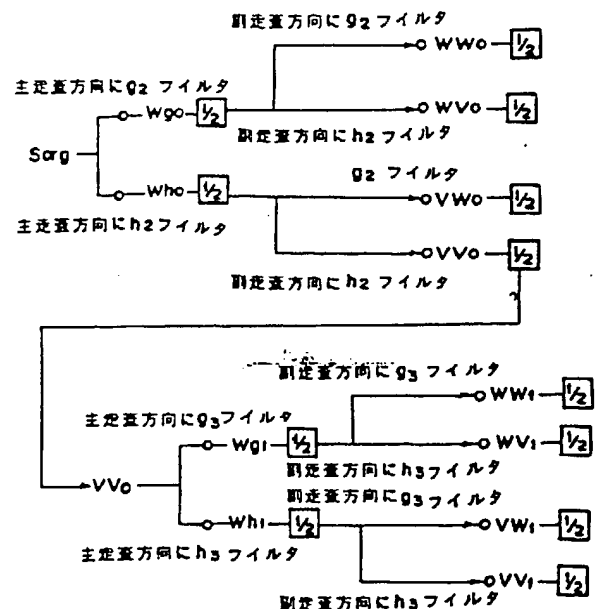
【図1】



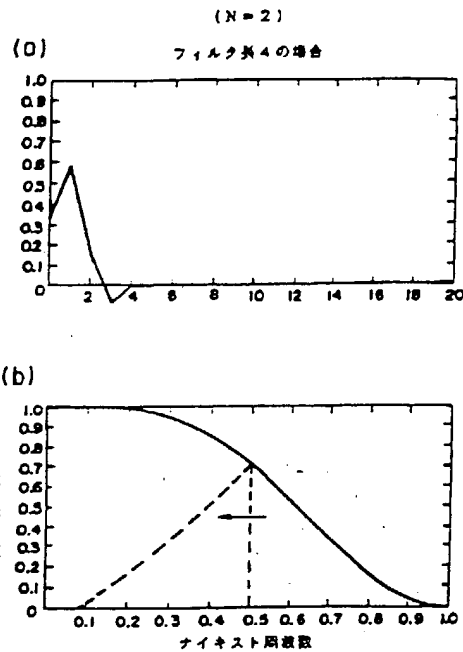
【図2】



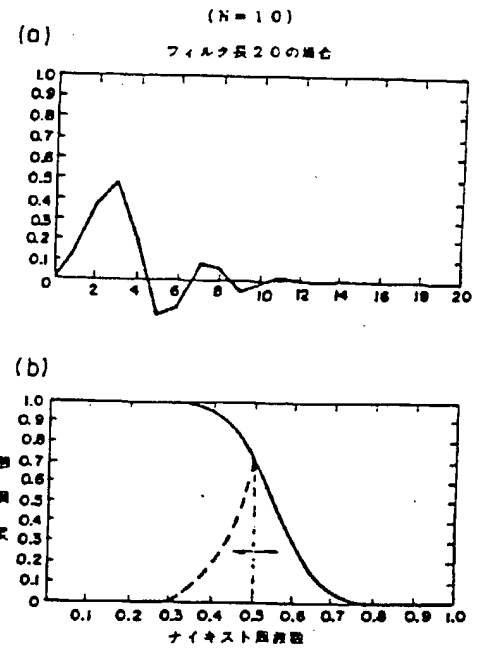
【図3】



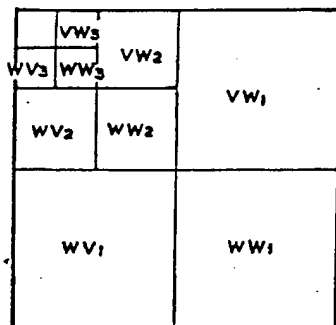
【図4】



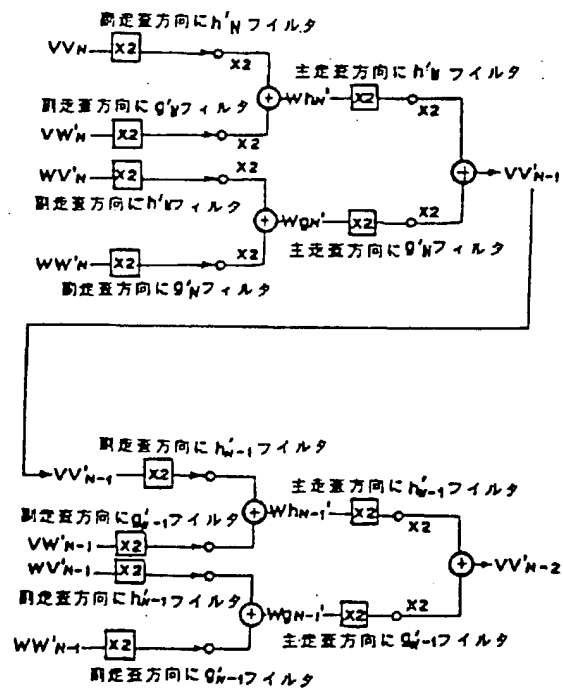
【図5】



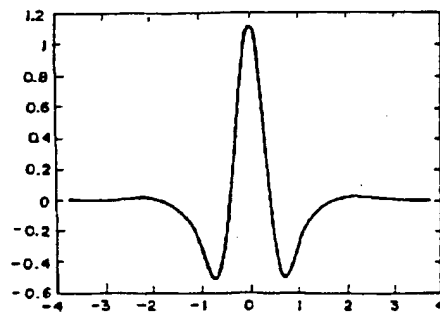
【図6】



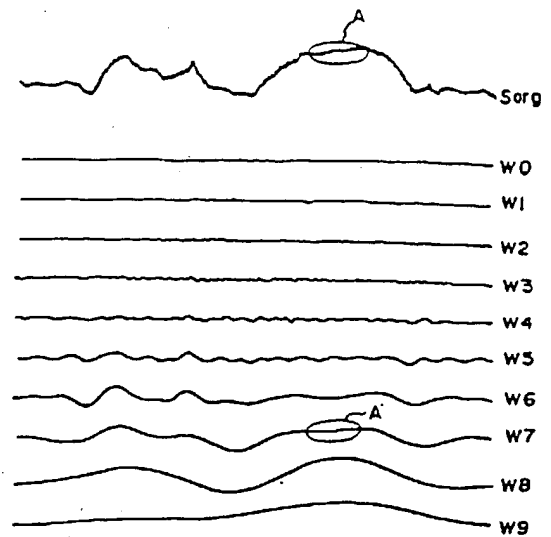
【図7】



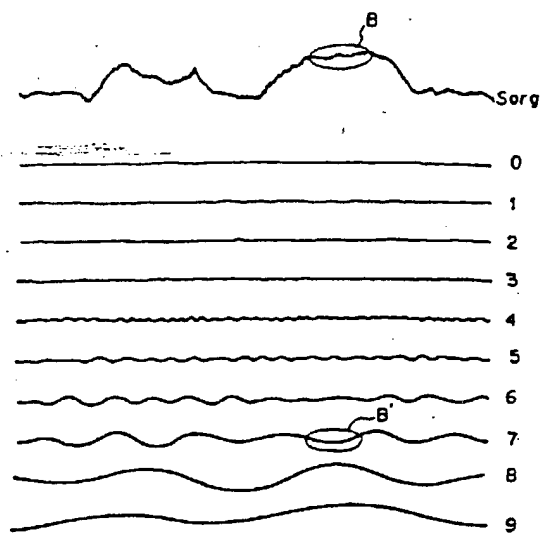
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

H04N 7/30

// G06T 5/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9191-5L

G06F 15/68

400 A

(JAPIO)

TI - PICTURE DATA COMPRESSION PROCESSING METHOD AND PICTURE DATA
RE-CONFIGURATION METHOD

PN - 95.03.20 J07079350, JP 07-79350

PA - (2000520) FUJI PHOTO FILM CO LTD

IC - H04N-001/41; G06T-009/00; H03M-007/30; H04N-007/30; G06T-005/20

AB - PURPOSE: To provide a picture data compression processing method in
which picture data are compressed at a high speed by a high
compression ratio without deteriorating picture quality of an
original picture.

CONSTITUTION: Coefficient picture data 3 for each of plural
frequency bands are obtained by applying wavelet transformation 2
to original picture data 1 representing an original picture by
using a function with a longer filter toward a lower frequency band
as a basic wavelet function to obtain coefficient picture data 3
for each of plural frequency bands. Thus, aliasing caused when the
picture data 1 are sampled is reduced. Then quantization 4 is
applied to the coefficient picture data 3 obtained by the wavelet
transformation 2 with a lower bit number toward a higher frequency
band and coding 5 is applied to the picture data 3 subjected to
quantization 4.

Nur für den eigenen Gebrauch; keine Weitergabe an Dritte.